

О. В. Карманова, д-р. техн. наук, зав. каф.,  
А. С. Казакова, канд. техн. наук, доц.,  
А. А. Солодова, асп.  
(ФГБОУ ВО «ВГУИТ», г. Воронеж, Российская Федерация);  
А. В. Касперович, канд. техн. наук, зав. каф.,  
В. В. Боброва, канд. техн. наук, науч. сотр.  
(БГТУ, г. Минск)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШИННЫХ РЕЗИН ПРИ СОЧЕТАНИИ РАДИАЦИОННОЙ И ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ВУЛКАНИЗАЦИИ**

Производство шин для легковых автомобилей в России в 2024 году увеличилось на 13%. Кроме того, в последние годы отмечается увеличение мощностей шинных производств и рост рыночного спроса на автомобильные покрышки и в других регионах мира. Основным фактором, влияющим на рынок автомобильных шин, является рост продаж транспортных средств как следствие увеличения располагаемых доходов и урбанизации. В связи с этим перед шинными компаниями одновременно с вопросом повышения качества готовых изделий появляется новый вызов – увеличение объемов выпускаемой продукции [1]. Кроме того, растёт спрос на экологичные или «зелёные» шины, которые в сравнении с обычными шинами обеспечивают меньшее потребление топлива и сокращение количества выбросов углекислого газа. В связи с этим особенно актуальной становится задача поиска и использования инновационных технологий и материалов для повышения долговечности и эксплуатационных характеристик шин и снижения воздействия на окружающую среду.

Среди достижений последних лет в области переработки полимеров значительный интерес вызывает применение радиационных технологий, использование которых позволяет создать продукты, получение которых экономически не выгодно или физически невозможно с применением традиционных методов – химических, термических и др., а также совершенствовать технологию получения широко востребованных продуктов [2].

Основным компонентом шинных резин является каучук или, как правило, несколько видов каучуков. Известно, что большая часть каучуков принадлежит к группе полимеров, преимущественно сшивающихся при воздействии ионизирующего излучения. При этом следует учитывать, что способность образовывать поперечные связи зависит от природы каучука и строения полимерной цепи, морфоло-

гии полимера и условий радиационной обработки [3–4]. Таким образом, достойным внимания является применение ионизирующих излучений для модификации шинных резин.

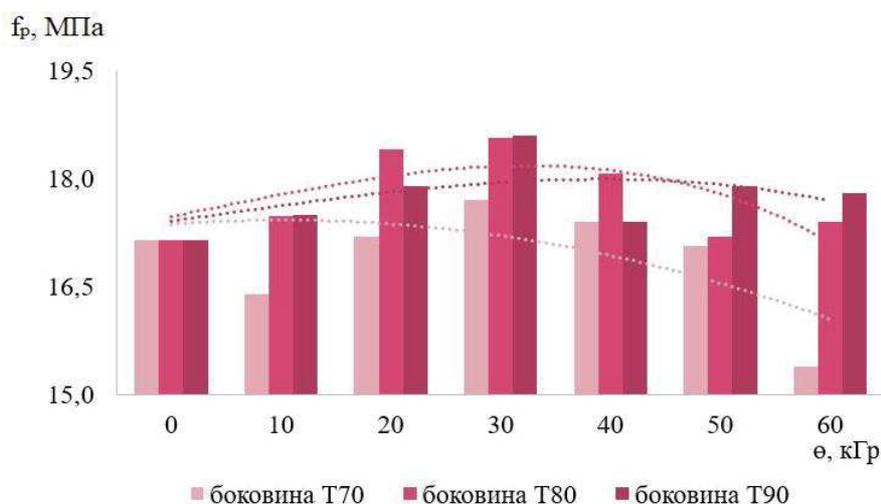
В качестве объектов для исследования использованы три типа шинных резиновых смесей, предназначенных для изготовления различных деталей шины – каркаса, боковины и беговой части протектора.

Образцы для испытаний получены сочетанием термохимической серной и радиационной вулканизаций. Термохимическая вулканизация проводилась по трем режимам – до степени вулканизации 70, 80 и 90%, а затем образцы подвергались радиационной обработке на установке «Электроника У-003» в интервале поглощенных доз 10–60 кГр.

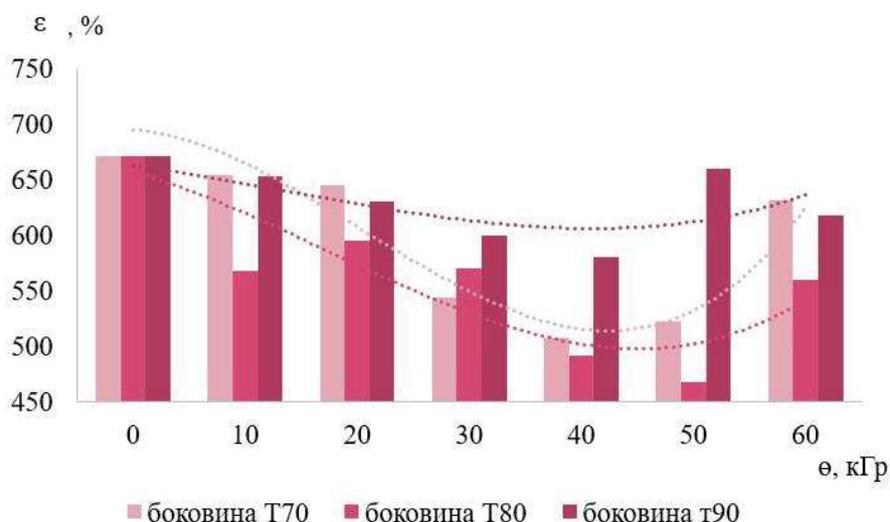
Для определения времени термохимической вулканизации помощью реометра MDR 200 были определены вулканизационные характеристики исследуемых резиновых смесей при температуре 170°C в соответствии с ГОСТ 12535-84.

Оценку влияния комбинированной вулканизации проводили по изменению физико-механических показателей, измеренных в соответствии с ГОСТ Р 4553-2019 в зависимости от условий обработки. Полученные результаты представлены на рисунках 1–2.

Установлено, что наиболее высокие значения условной прочности при растяжении достигаются в интервале поглощенных доз 10–30 кГр для резин боковины и беговой части протектора и в интервале 10–20 кГр для резин каркаса. Относительное удлинение при разрыве для резин беговой части протектора слабо возрастает в области малых доз, а затем уменьшается.



**Рисунок 1 – Зависимости условной прочности при растяжении резины боковины грузовой шины от величины дозы радиационной обработки и режима термохимической вулканизации**



**Рисунок 2 – Зависимости условной прочности при растяжении резины беговой части протектора грузовой шины от величины дозы радиационной обработки и режима термохимической вулканизации**

Для образцов боковины данный показатель монотонно снижается. Для резин каркаса, полученных при степени вулканизации 70% и 90%, относительное удлинение также снижается с возрастанием поглощенной дозы, а для образцов, полученных при степени вулканизации 80% - возрастает в интервале доз 30–60 кГр.

Анализ полученных данных показал, что комбинированное воздействие ионизирующего излучения в области низких доз (до 30 кГр) и термохимической вулканизации на шинные резины позволяет получить эффект усиления по основным упруго-прочностным свойствам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Касперович А. В., Шашок Ж. С., Каюшников С. Н. Основные процессы шинного производства. – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2013. – 115 с.
2. Каблов В. Ф., Новопольцева О. М., Спиридонова М. П., Кочетко В. Г. Технология производства и технические характеристики шин для современных транспортных средств: Электронное учебное пособие – Волжский: Волгоградский государственный технический университет, 2017. – 104 с. – ISBN 978-5-9948-2753-6.
3. Tikhomirov S. G., Karmanova O. V., Podvalny S. L., Khvostov A. A., Karmanov A. V. Research into kinetics of radiation destruction of elastomers // *Advanced Materials and Technologies*. – 2018. – № 2. – P. 9–17.
4. Wolff-Fabris F., Altstädt V., Arnold U., Döring M. Electron beam curing of composites // *Electron Beam Curing of Composites*. – 2010. – P. 1–129.